VISIT…

LANZAROTE
Caliente.com

7 коп.







Г. С. ЯХНО

НАБЛЮДЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО АСТРОНОМИИ

522
Я-

Г. С. ЯХНО

НАБЛЮДЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО АСТРОНОМИИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПРОСВЕЩЕНИЕ“
Москва 1965

Предисловие

Наблюдения и практические работы по астрономии играют важную роль в формировании астрономических понятий. Они повышают интерес к изучаемому предмету, связывают теорию с практикой, развивают такие качества, как наблюдательность, внимательность, дисциплинированность.

В настоящем пособии описан опыт автора по организации и проведению практических работ по астрономии в средней школе.

Пособие состоит из двух глав. В первой главе даны некоторые конкретные замечания по использованию таких приборов, как телескоп, теодолит, солнечные часы и др. Во второй главе описано 14 практических работ, которые, в основном, соответствуют программе по астрономии. Не предусмотренные программой наблюдения учитель может провести на внеклассных занятиях. В связи с тем, что не все школы имеют необходимое количество телескопов и теодолитов, отдельные наблю-

дения можно объединить в одно занятие. В конце работ даны методические указания по их организации и проведению.

Автор считает своим долгом выразить благодарность рецензентам М. М. Дагаеву и А. Д. Марленскому за ценные указания, сделанные при подготовке книги к печати.

Автор.

Глава I.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ТЕЛЕСКОПЫ И ТЕОДОЛИТЫ

Описание и инструкция по применению этих приборов достаточно полно изложены в других учебных пособиях[1] и в приложениях к приборам. Здесь приводятся только некоторые рекомендации по их использованию.

Телескопы

Как известно, для точной установки экваториального штатива телескопа его окуляр должен иметь крест нитей. Один из способов изготовления креста нитей изложен в «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского и состоит в следующем.

На окулярную диафрагму или легкое кольцо, сделанное по диаметру втулки окуляра, с помощью спиртового лака надо наклеить взаимно-перпендикулярно два волоска или две паутинки. Чтобы при наклеивании нити были хорошо натянуты, надо к концам волосков (длиной около 10 *см*) прикрепить легкие грузики (например, шарики из пластилина или дробинки). Затем наложить

[1] Е. П. Левитан, Методика преподавания астрономии, «Просвещение», 1965; М. Е. Набоков, Астрономические наблюдения с биноклем, изд. 3, Учпедгиз, 1948.

волоски по диаметру на горизонтально расположенное кольцо перпендикулярно друг другу и в нужных местах капнуть по капле масла, дав ему сохнуть в течение нескольких часов. После просыхания лака концы с грузиками осторожно обрезать. Если перекрестие наклеено на кольцо, его нужно вставить во втулку окуляра так, чтобы крест нитей находился у самой окулярной диафрагмы.

Можно изготовить перекрестие и фотографическим методом. Для этого нужно сфотографировать две взаимно-перпендикулярные линии, четко начерченные тушью на белой бумаге, и затем получить с негатива на другой пленке позитивный снимок. Полученное перекрестие следует обрезать по размеру трубки и закрепить в окулярной диафрагме.

Большое неудобство школьного телескопа-рефрактора — его слабая устойчивость на слишком облегченном штативе. Поэтому, если телескоп установить на постоянный устойчивый столб, условия наблюдения значительно улучшаются. Становой болт, на который насаживается телескоп, представляющий собой так называемый конус Морзе № 3, может быть изготовлен в школьных мастерских. Можно использовать становой болт и от штатива, прилагаемого к телескопу.

Хотя в последних моделях телескопов имеются визиры-искатели, значительно удобнее иметь на телескопе трубу-искатель с небольшим увеличением (например, оптический прицел). Искатель устанавливается в специальных кольцах-стойках так, чтобы его оптическая ось была строго параллельна оптической оси телескопа. В телескопы, не имеющие искателя, при наводке на слабые объекты следует вставлять окуляр с наименьшим увеличением, в этом случае поле зрения наибольшее. После наводки следует осторожно вынуть окуляр и заменить его на другой, с бóльшим увеличением.

Перед наведением телескопа на слабые объекты необходимо установить окуляр на фокус (это можно сделать по удаленному земному предмету или яркому светилу). Чтобы не повторять наводку каждый раз, лучше отметить это положение на окулярной трубке заметной чертой.

При наблюдении Луны и Солнца следует учитывать, что их угловые размеры составляют около 32′, и если использовать окуляр, дающий 80-кратное увеличение, то поле зрения будет всего 30′. Для наблюдения планет, двойных звезд, а также отдельных деталей лунной поверхности и формы солнечных пятен целесообразно применять наибольшие увеличения.

При проведении наблюдений полезно знать продолжительность движения небесных светил через поле зрения неподвижного телескопа при разных увеличениях. Если светило находится вблизи небесного экватора, то вследствие вращения Земли вокруг своей оси оно будет двигаться в поле зрения трубы со скоростью 15′ за 1 *мин*. Например, при наблюдениях в 80 *мм* телескоп-рефрактор поле зрения в 1°35′ светило пройдет за 6,3 *мин*. Поле зрения в 1°07′ и 30′ светило пройдет соответственно за 4,5 *мин* и за 2 *мин*.

В школах, где нет телескопа, можно изготовить самодельный телескоп-рефрактор из большого объектива от эпидиаскопа и окуляра от школьного микроскопа[1]. По диаметру объектива из кровельного железа изготовляется труба длиной примерно 53 *см*. В другой конец ее вставляется деревянный диск с отверстием для окуляра.

[1] Описание такого телескопа дано в статье Б. А. Колоколова в журнале «Физика в школе», 1957, № 1.

При изготовлении телескопа следует обращать внимание на то, чтобы оптические оси объектива и окуляра совпадали. Для улучшения четкости изображения таких ярких светил, как Луна и Солнце, объектив необходимо диафрагмировать. Увеличение такого телескопа равно примерно 25. Нетрудно изготовить самодельный телескоп и из очковых стекол[1].

Чтобы судить о возможности какого-либо телескопа, необходимо знать о нём такие данные, как увеличение, предельный угол разрешения, проницающую силу и поле зрения.

Увеличение определяется отношением фокусного расстояния объектива F к фокусному расстоянию окуляра f (каждое из которых нетрудно определить на опыте):

$$n = \frac{F}{f}.$$

Это увеличение можно найти также из отношения диаметра объектива D к диаметру так называемого выходного зрачка d:

$$n = \frac{D}{d}.$$

Зрачок выхода определяется следующим образом. Труба фокусируется «на бесконечность», т. е. практически на весьма удаленный предмет. Затем направляется на светлый фон (например, на ясное небо), и на миллиметровой бумаге или на кальке, держа ее у самого окуляра, получают четко очерченный кружок — изображение объектива, даваемое окуляром. Это и будет выходной зрачок.

[1] И. Д. Новиков, В. А. Шишаков, Самодельные астрономические инструменты и наблюдения с ними, «Наука», 1965.

Предельный угол разрешения r характеризует минимальное угловое расстояние между двумя звездами или деталями поверхности планеты, при котором они видны раздельно. Теория дифракции света дает простую формулу для определения r в секундах дуги:

$$r = \frac{140''}{D},$$

где D — диаметр объектива в миллиметрах.

Практически величину r можно оценить по наблюдениям тесных двойных звезд, пользуясь приведенной ниже таблицей.

Звезда	Координаты		Звездные величины компонентов		Угловое расстояние между компонентами
	α 1950	β 1950	A	B	
α Рыб	1ч59м	+ 2°31′	4,3	5,2	2″,6
ε Волопаса	14 43	+27 17	2,7	5,1	3,0
α Геркулеса . . .	17 12	+14 27	3,5	5,4	4,7
γ Девы	12 39	− 1 11	3,7	3,7	6,0
η Кассиопеи . . .	0 46	+57 33	3,7	7,4	9,0
γ Андромеды . . .	2 08	+42 5	2,3	5,1	10,0
ζ Б. Медведицы .	13 22	+55 11	2,4	4,0	14,5

Для нахождения приведенных в таблице звезд удобен звездный атлас А. А. Михайлова[1].

Расположение некоторых двойных звезд приведено на рисунке 1.

[1] Можно воспользоваться и «Учебным звездным атласом» А. Д. Могилко, в котором положение звезд дано на 14 крупномасштабных картах.

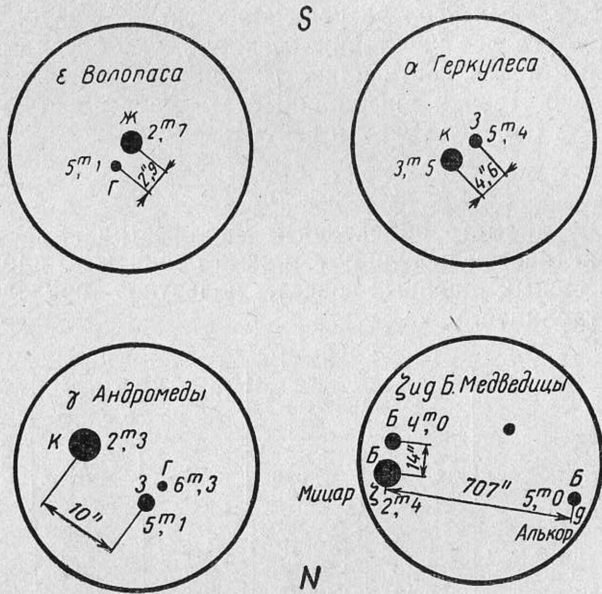


Рис. 1. Расположение некоторых двойных звезд.
Цвета звезд: *Б*—белый, *Ж*—желтый, *К*—красный, *Г*—голубой, *З*—зеленый

Проницающая сила телескопа определяется предельной звездной величиной m видимых в него звезд в ясную безлунную ночь. Ее можно вычислить по формуле

$$m = 2{,}1 + 5 \lg D.$$

Поле зрения трубы можно определить опытным путем, используя формулу

$$П = 15\, t \cos \delta.$$

Время прохождения светила через поле зрения трубы определяют из наблюдения какой-либо звезды с известным склонением. Например, наблюдая α Орла, склонение которой $+8°36'$, определили, что время прохождения ее через поле зрения телескопа составило 4 *мин* 34 *сек*. Тогда поле зрения трубы:

$$П = 15' \cdot 4{,}57 \cdot \cos 8°36' = 68' = 1°08'.$$

Теодолиты

При угловых измерениях с помощью теодолита известную трудность составляет отсчет показаний на лимбах. Поэтому рассмотрим более подробно пример отсчета с помощью верньера на теодолите ТТ-50.

Оба лимба, вертикальный и горизонтальный, разделены на градусы, каждый градус в свою очередь подразделен еще на 3 части, по 20′ в каждой. Указателем отсчета является нулевой штрих верньера (нониуса), помещенного на алидаде. Если нулевой штрих верньера не совпадает точно с каким-либо штрихом лимба, то долю деления лимба, на которую не совпадают штрихи, определяют по шкале верньера.

Верньер обычно имеет 40 делений, которые по своей протяженности захватывают 39 делений лимба (рис. 2)[1]. Значит, каждое деление верньера составляет $^{39}/_{40}$ деления лимба, или, другими словами, на $^{1}/_{40}$ меньше его. Так как одно деление лимба равно 20′, то деление верньера меньше деления лимба на 30″.

Пусть нулевой штрих верньера занимает положение, указанное стрелкой на рисунке 3. Замечаем, что точно

[1] Для удобства шкалы кругов изображены прямолинейными.

совпало со штрихом лимба девятое деление верньера. Восьмое деление не доходит до соответствующего штриха лимба на 0′,5, седьмое — на 1′, шестое — на 1′,5, а нулевой штрих не доходит до соответствующего штриха лимба (справа от него) на 0′,5·9=4′,5. Значит, отсчет запишется так[1]:

$$61°20'+4',5=61°24'30''.$$



Рис. 2. Устройство верньера



Рис. 3. Отсчет с помощью верньера

Для более точного отсчета на каждом из лимбов установлено по два верньера, расположенных на 180° один от другого. На одном из них (который принимается за основной) отсчитываются градусы, а минуты берутся как среднее арифметическое показаний обоих верньеров. Однако для школьной практики вполне достаточно отсчет производить по одному верньеру.

[1] Оцифровка верньера выполнена так, что отсчет можно сделать сразу. Действительно, совпавший штрих соответствует 4′,5; значит, к числу 61°20′ надо прибавить 4′,5.

Кроме визирования, окулярные нити используются для определения расстояний с помощью дальномерной рейки (линейки, на которой нанесены равные деления, хорошо видимые издали). Угловое расстояние между крайними горизонтальными нитями a и b (рис. 4) подобрано так, чтобы 100 *см* рейки помещалось как раз между этими нитями тогда, когда рейка отстоит ровно на 100 *м* от теодолита. В этом случае коэффициент дальномера равен 100.

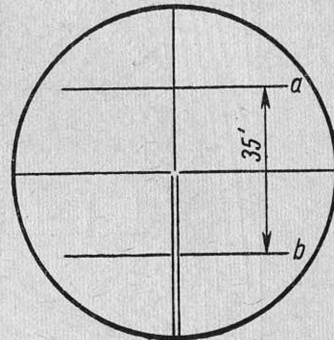


Рис. 4. Окулярные нити теодолита

Окулярные нити можно использовать и для приближенных угловых измерений, учитывая, что угловое расстояние между горизонтальными нитями a и b составляет 35′.

ШКОЛЬНЫЙ УГЛОМЕР

Для таких астрономических измерений, как определение полуденной высоты Солнца, географической широты места по наблюдениям Полярной звезды, расстояний до удаленных предметов, проводимых в качестве иллюстрации астрономических методов, можно использовать школьный угломер, который есть почти в каждой школе.

Устройство прибора видно из рисунка 5. На обратной стороне основания угломера, в центре на шарнире, укреплена трубка для установки угломера на штатив или на палку, которую можно воткнуть в землю. Благодаря шарнирному креплению трубки, лимб угломера можно

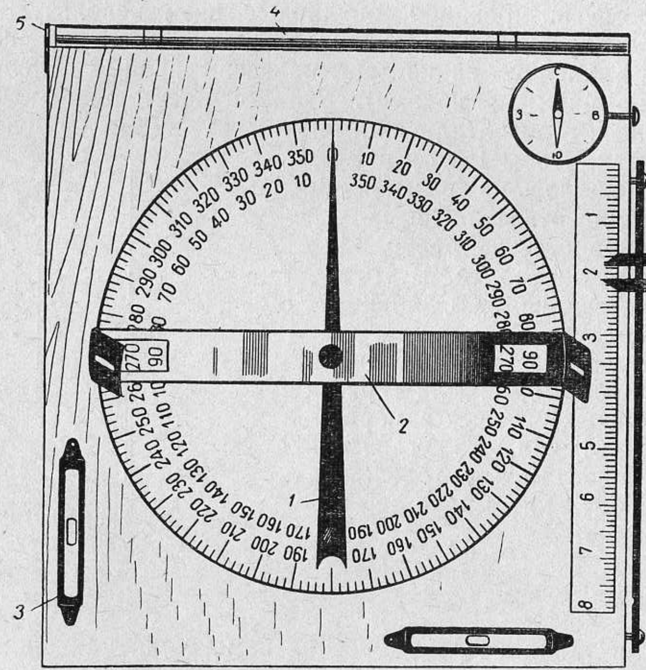


Рис. 5. Общий вид универсального школьного угломера

устанавливать в вертикальной и в горизонтальной плоскостях. Указателем вертикальных углов служит стрелка-отвес *1*. Для измерения горизонтальных углов применяется алидада *2* с диоптрами, а установка основания прибора контролируется двумя уровнями *3*. На верхней кромке прикреплена смотровая трубка *4* для удобства на-

водки на предмет. Для определения высоты Солнца используется откидной экран *5*, на котором получается светлое пятно, когда трубка направлена на Солнце.

НЕКОТОРЫЕ ПРИБОРЫ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДКИ[1]

Прибор для определения полуденной высоты Солнца

Среди различных типов этого прибора наиболее удобен, на наш взгляд, квадрант-высотомер (рис. 6). Он состоит из прямого угла (две планки), прикрепленной

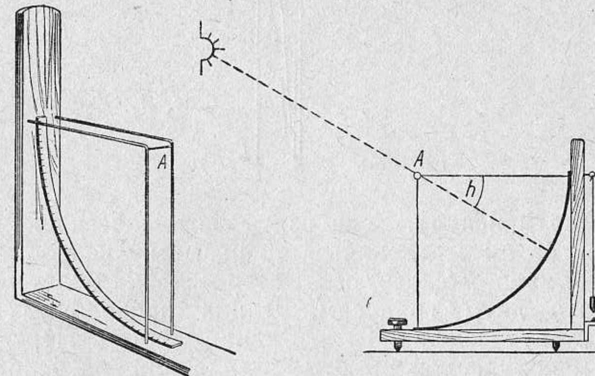


Рис. 6. Квадрант-высотомер

к нему в виде дуги металлической линейки и горизонтального стерженька *A*, укрепленного с помощью проволочных стоек в центре окружности (частью которой

[1] Общее устройство астрономической площадки описано в книге Е. П. Левитана «Методика преподавания астрономии», «Просвещение», 1965.

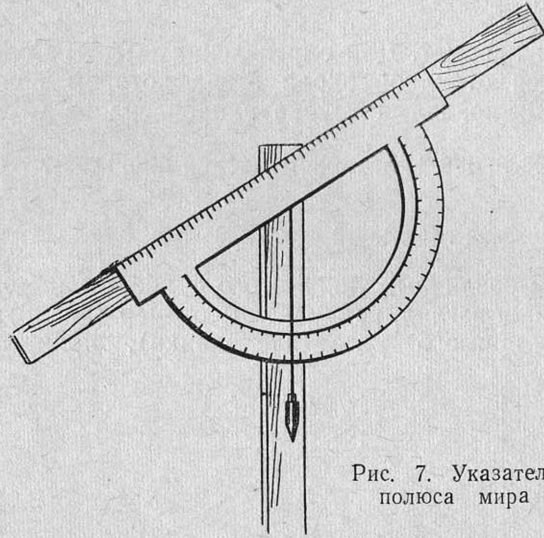


Рис. 7. Указатель полюса мира

является линейка). Если взять металлическую линейку длиной 45 *см* с делениями, то разметку на градусы делать не надо. Каждый сантиметр линейки будет соответствовать двум градусам. Длина проволочных стоек в этом случае должна быть равна 28,6 *см*. Перед измерением полуденной высоты Солнца прибор необходимо установить по уровню или отвесу и ориентировать нижним основанием вдоль полуденной линии.

Указатель полюса мира

Обычно на школьной географической площадке для обозначения направления оси мира вкапывают в землю наклонный шест или жердь. Но для уроков астрономии этого мало, здесь необходимо позаботиться и об измере-

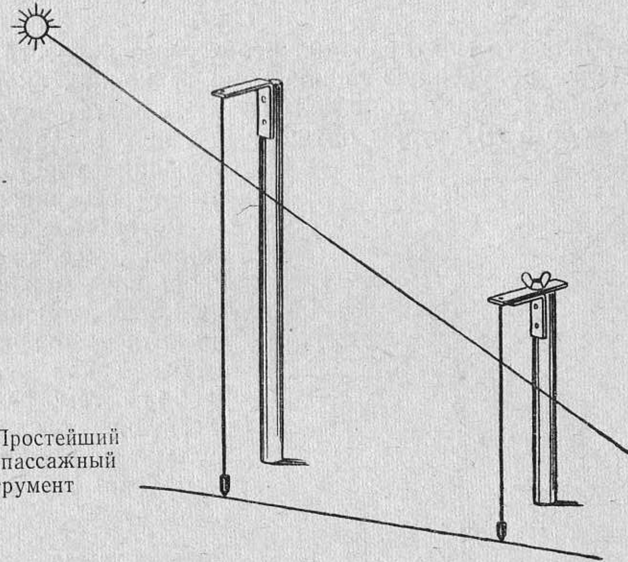


Рис. 8. Простейший нитяной пассажный инструмент

нии угла, образуемого осью мира с плоскостью горизонта. Поэтому можно рекомендовать указатель в виде планки длиной около 1 *м* с эклиметром достаточно больших размеров, сделанный, например, из школьного транспортира (рис. 7). Это обеспечивает и бóльшую наглядность, и достаточную точность измерения высоты полюса.

Простейший пассажный инструмент

Для наблюдения прохождения светил через небесный меридиан (что связано со многими практическими задачами) можно использовать простейший нитяной пассажный инструмент (рис. 8).

2822-648

Для его монтирования необходимо провести на площадке полуденную линию и на ее концах вкопать два столба. Южный столб должен иметь достаточную высоту (около 5 *м*), чтобы опущенный с него отвес охватывал больший участок неба. Высота северного столба, с которого опускается второй отвес, около 2 *м*. Расстояние между столбами 1,5—2 *м*. В ночное время нити необходимо освещать. Такая установка удобна тем, что она обеспечивает наблюдение кульминации светил сразу несколькими учащимися[1].

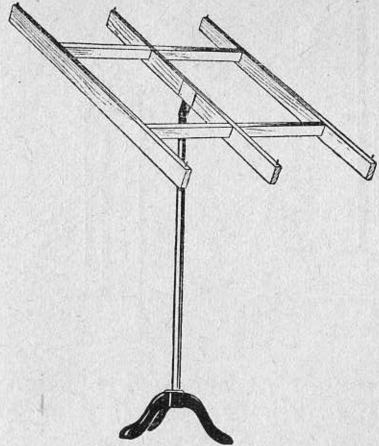


Рис. 9. Звездная указка

Звездная указка

Звездная указка (рис. 9) состоит из легкой рамки с параллельными планками на шарнирном устройстве. Прицелившись одной из планок на звезду, мы ориентируем в том же направлении и другие. При изготовлении такой указки нужно, чтобы в шарнирах не было люфтов.

[1] Другая модель пассажного инструмента описана в сборнике «Новые школьные приборы по физике и астрономии», изд. АПН РСФСР, 1959.

Солнечные часы, указывающие местное, поясное и декретное время[1]

Обычные солнечные часы (экваториальные или горизонтальные), описание которых имеется во многих учебных пособиях, обладают тем недостатком, что они пока-

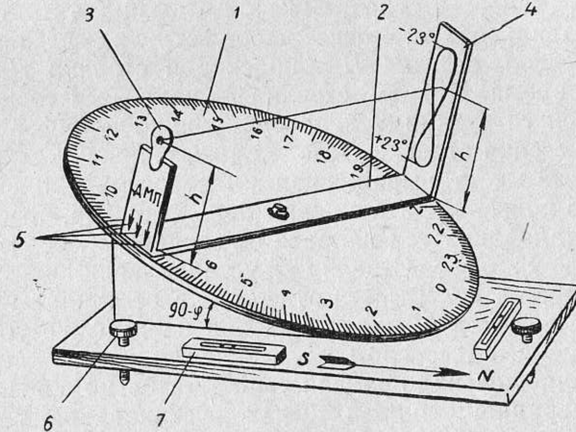


Рис. 10. Солнечные часы с графиком уравнения времени

зывают истинное солнечное время, которым мы в практике почти не пользуемся. Описанные ниже солнечные часы (рис. 10) свободны от этого недостатка и являются весьма полезным прибором при изучении вопросов, связанных с понятием времени, а также для практических работ.

[1] Модель этих часов предложена А. Д. Могилко и описана в сборнике «Новые школьные приборы по физике и астрономии», изд. АПН РСФСР, 1959.

Часовой круг *1* устанавливается на горизонтальной подставке в плоскости экватора, т. е. под углом $90°-\varphi$, где φ—широта места. Вращающаяся на оси алидада *2* имеет на одном конце небольшое круглое отверстие *3*, а на другом, на планке *4*, график уравнения времени в форме восьмерки. Указателем времени служат три стрелки, нанесенные на планке алидады под отверстием *3*. При правильной установке часов стрелка *М* показывает местное, стрелка *П* — поясное и стрелка *Д* — декретное время. Причем стрелка *М* наносится точно под серединой отверстия *3* перпендикулярно к циферблату. Для нанесения стрелки *П* надо знать поправку $\lambda-n$, где λ—долгота места, выраженная в часовой мере, n—номер часового пояса. Если поправка положительна, то стрелка *П* устанавливается направо от стрелки *М*, если отрицательна — налево. Стрелку *Д* устанавливают от стрелки *П* левее на 1 *ч*. Высота отверстия *3* от алидады определяется высотой h линии экватора на графике уравнения времени, нанесенном на планке *4*.

Для определения времени часы тщательно ориентируют по меридиану линией «0—12», устанавливают основание горизонтально по уровням, затем поворачивают алидаду до тех пор, пока луч Солнца, прошедший через отверстие *3*, не попадет на соответствующую дате наблюдения ветвь графика. Стрелки в этот момент дадут отсчеты времени.

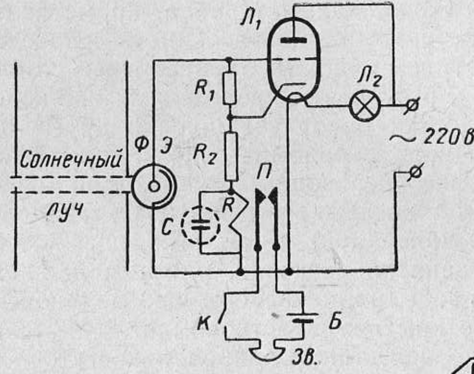
Астрономический уголок

Для решения задач на уроках астрономии, для выполнения ряда практических работ (определение широты места, определение времени по Солнцу и звездам, наблюдение спутников Юпитера и др.), а также для иллюстрации излагаемого на уроках материала, кроме издаваемых таблиц по астрономии, полезно иметь в классе выполненные в крупном масштабе справочные таблицы, графики, рисунки, результаты проведенных наблюдений, образцы практических работ учащихся и другие материалы, составляющие астрономический уголок. В астрономическом уголке необходимы и Астрономические календари (ежегодник, издаваемый ВАГО, и Школьный астрономический календарь), в которых содержатся необходимые для занятий сведения, указаны важнейшие астрономические события, приведены данные о новейших достижениях и открытиях в астрономии.

В том случае, когда календарей недостаточно, из справочных таблиц и графиков в астрономическом уголке желательно иметь следующие: склонение Солнца (через каждые 5 дней); уравнение времени (таблица или график), изменение фаз Луны и ее склонений на данный год; конфигурации спутников Юпитера и таблицы затмений спутников; видимость планет в данном году; сведения о затмениях Солнца и Луны; некоторые постоянные астрономические величины; координаты наиболее ярких звезд и др.

Кроме того, необходимы подвижная звездная карта и учебный звездный атлас А. Д. Могилко, немая звездная карта, модель небесной сферы.

Для регистрации момента истинного полудня удобно иметь специально установленное по меридиану фотореле (рис. 11). Ящик, в котором помещено фотореле, имеет две узкие щели, ориентированные точно по меридиану. Солнечный свет, прошедший через наружную щель (ширина щелей 3—4 *мм*) точно в полдень, попадает во вторую, внутреннюю щель, падает на фотоэлемент и включает электрический звонок. Как только луч от наружной



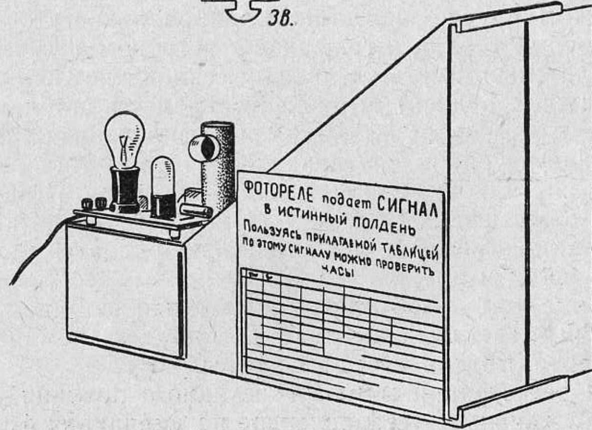


Рис. 11. Фотореле для регистрации момента истинного полудня:

ФЭ — фотоэлемент ЦГ-4; $Л_1$ — электронная лампа 6Ц5С; $Л_2$ — 60-ваттная лампа, включенная последовательно в цепь накала; R_1—сопротивление 2,7 *мом*; R_2—2,5 *ком*; *R*—обмотка электромагнитного реле сопротивлением около 1 *ком*; *С*—электролитический конденсатор 10 *мкф*; *П*—контактные пластины реле (нормально замкнутые); *Зв.*—электрический звонок; *Б*—батарея; *К*—ключ.

Внизу: Общий вид установки. Схема фотореле видна на верхней крышке камеры, внутрь которой она устанавливается в рабочее положение

щели сместится и перестанет освещать фотоэлемент, звонок отключается. При расстоянии между щелями в 50 *см* продолжительность сигнала около 2 *мин*.

Если прибор устанавливается горизонтально, то верхнюю крышку камеры между наружной и внутренней щелью необходимо сделать с наклоном, чтобы обеспечить попадание солнечных лучей на внутреннюю щель. Угол наклона верхней крышки зависит от наибольшей полуденной высоты Солнца в данном месте.

Чтобы воспользоваться подаваемым сигналом для проверки часов, на ящике фотореле необходимо иметь таблицу с указанием моментов истинного полудня с промежутком через три дня[1].

Поскольку якорь электромагнитного реле притягивается при затемнении, то контактные пластины *П*, через которые включается цепь звонка, должны быть нормально замкнутыми, т. е. замкнутыми при отжатом якоре.

---

[1] Вычисление момента истинного полудня дано в работе № 3 (см. стр. 33).

Глава II.

НАБЛЮДЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практические занятия можно разделить на три группы: а) наблюдения невооруженным глазом, б) наблюдения небесных тел с помощью телескопа и других оптических приборов, в) измерения с помощью теодолита, простейших угломерных приборов и другого оборудования.

Работы первой группы (наблюдение звездного неба, наблюдение за движением планет, наблюдение за движением Луны среди звезд) выполняют все ученики класса под руководством учителя или индивидуально.

При выполнении наблюдений с телескопом возникают затруднения, связанные с тем, что телескопов в школе, как правило, один-два, а учащихся много. Если же учесть при этом, что продолжительность наблюдения каждым школьником редко превышает одну минуту, то становится очевидной необходимость улучшения организации астрономических наблюдений.

Поэтому целесообразно класс разделить на звенья по 3—5 человек и каждому звену, в зависимости от наличия в школе оптических приборов, определить время наблюдения. Например, в осенние месяцы наблюдения можно назначать с 20 часов. Если отвести каждому звену по 15 *мин*, то даже при наличии одного инструмента за 1,5—2 *ч* наблюдение сможет провести весь класс.

Учитывая, что погода часто нарушает планы по проведению наблюдений, работы следует проводить в те месяцы, когда погода наиболее устойчива. Каждое звено при этом должно выполнить 2—3 работы. Это вполне возможно, если в школе есть 2—3 инструмента и учитель имеет возможность привлечь в помощь опытного лаборанта или любителя астрономии из актива класса.

В некоторых случаях для проведения занятий можно брать оптические инструменты в соседних школах. Для некоторых работ (например, наблюдение спутников Юпитера, определение размеров Солнца и Луны и других) пригодны различные зрительные трубы, теодолиты, призменные бинокли, самодельные телескопы.

Работы третьей группы можно проводить как звеньями, так и всем классом. Для выполнения большинства работ этого вида можно использовать упрощенные приборы, имеющиеся в школе (угломеры, эклиметры, гномон и др.).

Как показывает опыт работы, в школе можно провести следующие наблюдения и практические работы.

№ п/п	Наименование практических работ	Сроки проведения	Характер выполнения работы
1	Знакомство с некоторыми созвездиями осеннего неба	Первая неделя сентября	Групповое наблюдение под руководством учителя
	Наблюдение видимого суточного вращения звездного неба		Самостоятельное наблюдение всеми учащимися
2	Наблюдение годичного изменения вида звездного неба	Сентябрь — октябрь	Самостоятельное наблюдение отдельными звеньями (в порядке накопления фактического иллюстративного материала)
3	Наблюдение изменения полуденной высоты Солнца	В течение месяца 1 раз в неделю (сентябрь—октябрь)	То же
4	Определение направления меридиана (полуденной линии), ориентирование по Солнцу и звездам	Вторая неделя сентября	Групповая работа под руководством учителя
5	Определение моментов кульминаций светил, их восхода и захода	При изучении темы «Введение» (сентябрь—октябрь)	Самостоятельная работа в классе с последующей проверкой результатов наблюдением некоторых звезд
6	Наблюдение за движением планет среди звезд	С учетом вечерней или утренней видимости планет	Самостоятельное наблюдение. Задание отдельным звеньям

Продолжение

№ п/п	Наименование практических работ	Сроки проведения	Характер выполнения работы
7	Наблюдение спутников Юпитера или колец Сатурна	То же	Задание отдельным звеньям. Наблюдение под руководством учителя или опытного лаборанта
8	Определение угловых и линейных размеров Солнца и Луны	Октябрь	Классная работа для всех учащихся по результатам наблюдения одного звена
9	Определение географической широты места по высоте Солнца в кульминации	При изучении темы «Практические применения астрономии»	Совмещенная демонстрационная работа с теодолитом в составе всего класса
10	Определение времени по Солнцу (проверка часов в истинный полдень)		
11	Определение географической долготы		
12	Наблюдение за движением Луны относительно звезд и изменением ее фаз	При изучении темы «Физическая природа тел Солнечной системы» (март—апрель)	Самостоятельные наблюдения всеми учащимися
13	Наблюдение поверхности Луны. Знакомство с некоторыми созвездиями зимнего неба	То же	Наблюдение звеньями под руководством учителя (для всех учащихся)

Продолжение

№ п/п	Наименование практических работ	Сроки проведения	Характер выполнения работы
14	Наблюдение солнечных пятен	То же	Наблюдение отдельными звеньями под руководством учителя
15	Наблюдение двойных звезд, звездных скоплений и туманностей. Знакомство с некоторыми созвездиями весеннего неба	Апрель	Групповое наблюдение под руководством учителя

Работа 1.

НАБЛЮДЕНИЕ ВИДИМОГО СУТОЧНОГО ВРАЩЕНИЯ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

I. По положению околополярных созвездий Малой и Большой Медведиц

1. В течение вечера пронаблюдать (через 2 *ч*), как изменяется положение созвездий Малой и Большой Медведиц.

2. Результаты наблюдений внести в таблицу, ориентируя созвездия относительно отвесной линии.

3. Сделать вывод из наблюдения:

а) где лежит центр вращения звездного неба;

б) в каком направлении оно вращается;

в) на сколько градусов примерно поворачивается созвездие за 2 *ч*.

II. По прохождению светил через поле зрения неподвижной оптической трубы

Оборудование: телескоп или теодолит, секундомер.

1. Навести трубу телескопа или теодолита на какую-нибудь звезду, находящуюся вблизи небесного экватора (в осенние месяцы, например, на α Орла). Установить трубу по высоте так, чтобы звезда проходила поле зрения по диаметру.

2. Наблюдая видимое перемещение звезды, определить с помощью секундомера время прохождения ею поля зрения трубы[1].

3. Зная величину поля зрения (из паспорта или из справочников) и время, вычислить, с какой угловой скоростью вращается звездное небо (на сколько градусов за каждый час).

4. Определить, в каком направлении вращается звездное небо, учитывая, что трубы с астрономическим окуляром дают обратное изображение.

Работа 2.

НАБЛЮДЕНИЕ ГОДИЧНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ВИДА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

1. В один и тот же час один раз в месяц наблюдать положение околополярных созвездий Большой и Малой Медведиц, а также положение созвездий в южной стороне неба (провести 2 наблюдения).

2. Результаты наблюдений околополярных созвездий внести в таблицу.

[1] Если звезда имеет склонение δ, то найденное время следует умножить на $\cos \delta$.

3. Сделать вывод из наблюдений:

а) остается ли неизменным положение созвездий в один и тот же час через месяц;

б) в каком направлении перемещаются околополярные созвездия и на сколько градусов за месяц;

в) как изменяется положение созвездий в южной стороне неба: в каком направлении они сдвигаются и на сколько градусов.

Методические замечания к проведению работ № 1 и 2

1. Для быстроты нанесения созвездий в работах № 1 и 2 учащиеся должны иметь готовый шаблон этих созвездий, сколотый с карты или с рисунка 5 школьного учебника астрономии. Прикалывая шаблон к точке α (Полярная) на вертикальную линию, поворачивают его, пока линия «α—β» Малой Медведицы не займет соответствующее положение относительно отвесной линии, и переносят созвездия с шаблона на рисунок.

2. Второй способ наблюдения суточного вращения неба является более быстрым. Однако в данном случае учащиеся воспринимают движение звездного неба с запада на восток, что требует дополнительных разъяснений.

Для качественной оценки вращения южной стороны звездного неба без зрительной трубы можно рекомендовать такой способ. Надо встать на некотором расстоянии от вертикально поставленного шеста, или хорошо видимой нити отвеса, проектируя шест или нить вблизи звезды. Уже через 3—4 *мин* будет хорошо заметно перемещение звезды на запад.

3. Изменение положения созвездий в южной стороне неба (работа № 2) можно установить по смещению звезд от меридиана примерно через месяц. В качестве объекта наблюдения можно взять созвездие Орла. Имея направление меридиана (например, 2 отвеса), отмечают в начале сентября (примерно в 20 часов) момент кульминации звезды Альтаир (α Орла). Через месяц, в тот же самый час, проводят второе наблюдение и с помощью угломерных инструментов оценивают, на сколько градусов сместилась звезда к западу от меридиана (смещение должно быть около 30°).

С помощью теодолита смещение звезды к западу можно заметить гораздо раньше, так как оно составляет около 1° в сутки.

4. Первое занятие по ознакомлению со звездным небом проводится на астрономической площадке после первого вводного урока. После ознакомления с созвездиями Большой и Малой Медведиц учитель знакомит учащихся с наиболее характерными созвездиями осеннего неба, которые надо твердо знать и уметь находить. От Большой Медведицы учащиеся совершают «путешествие» через Полярную звезду к созвездиям Кассиопеи, Пегаса и Андромеды. Обращают внимание на большую туманность в созвездии Андромеды, которая видна в безлунную ночь невооруженным глазом как слабое размытое пятно. Здесь же, в северо-восточной части неба, отмечают созвездия Возничего с яркой звездой Капеллой и Персея с переменной звездой Алголь.

Снова возвращаемся к Большой Медведице и смотрим, куда указывает излом ручки «ковша». Невысоко над горизонтом в западной стороне неба находим яркую оранжевого цвета звезду Арктур (α Волопаса), а затем над ней в виде клина и все созвездие. Слева от Волопа-

са выделяется полукруг неярких звездочек — Северная Корона. Почти в зените ярко блестит α Лиры (Вега), восточнее вдоль Млечного пути лежит созвездие Лебедя, а от него прямо на юг — Орел с яркой звездой Альтаир. Повернувшись на восток, снова находим созвездие Пегаса.

В конце занятия можно показать, где проходит небесный экватор и начальный круг склонений. Это понадобится учащимся при знакомстве с основными линиями и точками небесной сферы и экваториальными координатами.

На последующих занятиях зимой и весной учащиеся знакомятся с другими созвездиями, проводят ряд астрофизических наблюдений (цвета звезд, изменение блеска переменных звезд и др.).

Работа 3.

НАБЛЮДЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛУДЕННОЙ ВЫСОТЫ СОЛНЦА

Оборудование: квадрант-высотомер, или школьный угломер, или гномон.

1. В течение месяца раз в неделю в истинный полдень измерить высоту Солнца. Результаты измерений и данные о склонении Солнца в остальные месяцы года (взятые через неделю) занести в таблицу.

Дата наблюдения	Полуденная высота Солнца, $h_{\odot}$	Склонение Солнца, $\delta_{\odot}$

2. Построить график изменения полуденной высоты Солнца, откладывая по оси X даты, а по оси Y — полуденную высоту. На графике провести прямую, соответствующую высоте точки экватора в плоскости меридиана на данной широте, отметить точки равноденствий и солнцестояний и сделать вывод о характере изменения высоты Солнца в течение года.

Примечание. Вычислять полуденную высоту Солнца по склонению в остальные месяцы года можно по уравнению

$$h=(90^{\circ}-\varphi)+\delta.$$

Методические замечания

1. Для измерения высоты Солнца в полдень надо иметь или направление полуденной линии, проведенной заранее, или знать момент истинного полудня по декретному времени. Рассчитать этот момент можно, если известно уравнение времени на день наблюдения, долгота места и номер часового пояса

$$T_{\text{ист. полд.}}=12+\eta+(n-\lambda)+1,$$

где η — уравнение времени, n — номер часового пояса, λ — долгота места, выраженная в часовой мере.

Например, для г. Волгограда ($n=3$, $\lambda=2^{ч}\,58^{м}$)

$$T_{\text{ист. полд.}}=12^{ч}+(3^{ч}-2^{ч}\,58^{м})+1^{ч}+\eta=13^{ч}\,2^{м}+\eta.$$

Так, 3 октября 1965 г. уравнение времени $\eta=-10^{м}\,06^{с}$, то в этот день истинный полдень наступил в $12^{ч}\,51^{м}\,54^{с}$ по декретному времени. Для определения момента полудня (точнее, для сигнализации о его наступлении) удобно фотореле с электрическим звонком (см. стр. 22).

2. Если окна класса выходят на юг, то установленный, например на подоконнике, по меридиану квадрант-высотомер дает возможность в истинный полдень сразу получать высоту Солнца.

При измерениях с помощью гномона также можно заранее приготовить шкалу на горизонтальном основании и по длине тени сразу получить величину угла $h_{\odot}$. Для разметки шкалы используется соотношение

$$\operatorname{tg} h_{\odot} = \frac{l}{r},$$

где l — высота гномона, r — длина его тени.

Можно использовать и метод плавающего зеркальца, помещенного между рамами окна. Зайчик, отброшенный на противоположную стену, в истинный полдень будет пересекать нанесенный на ней меридиан со шкалой высот Солнца. В этом случае весь класс, наблюдая за зайчиком, может отмечать полуденную высоту Солнца.

3. Учитывая, что в этой работе не требуется большой точности измерений и что вблизи кульминации высота Солнца меняется незначительно по отношению к моменту кульминации (около 5′ в интервале ±10 *мин*), то время измерения может отклоняться от истинного полдня на 10—15 *мин*.

4. Полезно в этой работе произвести хотя бы одно измерение с помощью теодолита. Следует учесть, что при наведении средней горизонтальной нити перекрестия под нижний край диска Солнца (фактически под верхний, так как труба теодолита дает обратное изображение) надо из полученного результата вычесть угловой радиус Солнца (примерно 16′), чтобы получить высоту центра диска Солнца.

Результат, полученный с помощью теодолита, можно в дальнейшем использовать для определения географической широты места, если по каким-либо причинам эту работу нельзя будет поставить.

Работа 4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НЕБЕСНОГО МЕРИДИАНА

1. Выбрать точку, удобную для наблюдения южной стороны неба (можно в классе, если окна выходят на юг).

2. Установить теодолит и под его отвесом, опущенным с верхнего основания треноги, сделать постоянную и хорошо заметную отметку выбранной точки. При наблюдениях ночью необходимо слегка осветить рассеянным светом поле зрения трубы теодолита, чтобы были хорошо заметны окулярные нити.

3. Оценив примерно направление точки юга (например, с помощью буссоли теодолита или наведением трубы на Полярную звезду и поворотом ее на 180°), навести трубу на достаточно яркую звезду, отстоящую немного к востоку от меридиана, закрепить алидаду вертикального круга и трубу. Снять три отсчета на горизонтальном лимбе.

4. Не изменяя установки трубы по высоте, следить за движением звезды, пока она не окажется на такой же высоте после прохождения меридиана. Произвести второй отсчет горизонтального лимба и взять среднее арифметическое значение этих отсчетов. Это и будет отсчет на точку юга.

5. Навести трубу в направлении точки юга, т. е. установить нулевой штрих нониуса на число, соответст-

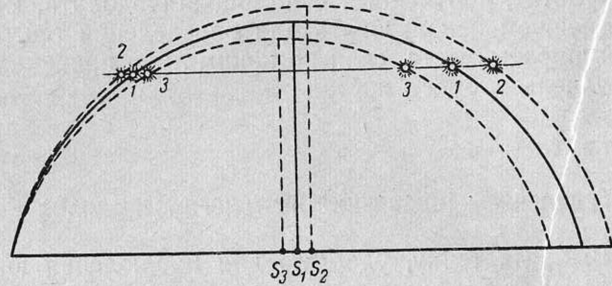


Рис. 12. Дневной путь Солнца по небосводу:
1—при неизменном склонении; *2*—при возрастающем склонении; *3*—при уменьшающемся склонении; S_1, S_2, S_3—положения точки юга, определенные по равным высотам Солнца в указанных случаях

вующее найденному отсчету. Если в поле зрения трубы не попадает никаких земных предметов, которые служили бы ориентиром точки юга, то надо произвести «привязку» найденного направления к хорошо заметному предмету (восточнее или западнее от меридиана).

Методические замечания

1. Описанный способ определения направления меридиана по равным высотам какой-либо звезды является более точным. Если меридиан определяется по Солнцу, то надо иметь в виду, что склонение Солнца непрерывно меняется. Это приводит к тому, что кривая, по которой Солнце идет в течение дня, несимметрична относительно меридиана (рис. 12). Значит, найденное направление, как полусумма отчетов при равных высотах Солнца, будет несколько отличаться от меридиана. Ошибка в этом случае может доходить до 10′.

2. Для более точного определения направления меридиана берут три отсчета, используя три горизонтальные линии, имеющиеся в окуляре трубы (рис. 13). Наведя трубу на звезду и действуя микрометрическими винтами, ставят звезду немного выше верхней горизонтальной линии. Действуя только микрометрическим винтом алидады горизонтального круга и сохраняя установку теодолита по высоте, держат звезду все время на вертикальной нити. Как только она коснется верхней горизонтальной нити *a*, снимают первый отсчет. Потом пропускают звезду через среднюю и нижнюю горизонтальные нити *b* и *c* и снимают второй и третий отсчеты.

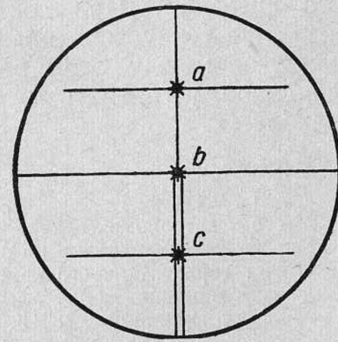


Рис. 13. Последовательное прохождение звезды через окулярные нити теодолита

После прохождения звезды через меридиан поймать ее на такой же высоте и снова снять отсчеты на горизонтальном лимбе, только в обратном порядке: сначала третий, затем второй и первый отсчеты, так как звезда после прохождения меридиана будет опускаться, а в трубе, дающей обратное изображение, она будет подниматься. При наблюдениях Солнца поступают аналогично, пропуская через горизонтальные нити нижний край диска Солнца.

3. Чтобы сделать привязку найденного направления к заметному предмету, надо навести трубу на этот предмет (миру) и записать отсчет горизонтального круга. Вычтя из него отсчет точки юга, получают азимут зем-

ного предмета. При повторной установке теодолита на эту же точку надо навести трубу на земной предмет и, зная угол между этим направлением и направлением меридиана, установить трубу теодолита в плоскости меридиана.

П р и м е р.

Дата: 5/IX 1962 г.
Место — астрономическая площадка школы.
Определение меридиана по равным высотам звезды α Орла.
Отсчет горизонтального круга по I нониусу[1]:
до кульминации — 50°58′,
после кульминации — 73°24′.

$$\frac{50°58' + 73°24'}{2} = 62°11'.$$

Отсчет на точку юга по I нониусу 62°11′.
Земной предмет — молниеотвод трубы завода.
Отсчет круга на земной предмет (миру) по I нониусу 66°35′.
Азимут земного предмета А=66°35′—62°11′=4°24′.

4. Если в школе нет теодолита, полуденную линию можно определить методом фиксирования равных по длине теней от гномона или по перемещению солнечного пятна.

Последний способ состоит в следующем. В одном из окон, выходящих на южную сторону, на подходящей высоте устанавливают экран с малым отверстием (около 1 *см* в диаметре). Начав наблюдение за 1,5—2 *ч* до полудня, отмечают в течение 3—4 *ч* положение солнечного пятна от этого отверстия на полу. В результате получится линия AB (рис. 14). Держа нитку у отверстия O, другим ее концом описывают дугу (пунктирная линия), ко-

[1] Отсчет произведен только при прохождении звезды через среднюю горизонтальную нить.

торая пересечет линию AB в точках C и D. Из этих точек одинаковым радиусом делают по две засечки и получают точки E и F. Линия EF и будет полуденной линией.

Преимущество этого метода в том, что он не связан с фиксированием равных по длине теней. Начало и конец наблюдений могут быть произвольными, лишь бы они были взяты один до кульминации, другой после кульминации Солнца. Здесь следует обратить внимание учащихся на то, что кривая, которую описывает в течение дня солнечное пятно или конец тени от гномона, меняется в зависимости от склонения Солнца. В дни равноденствий — это прямая линия; при положительных

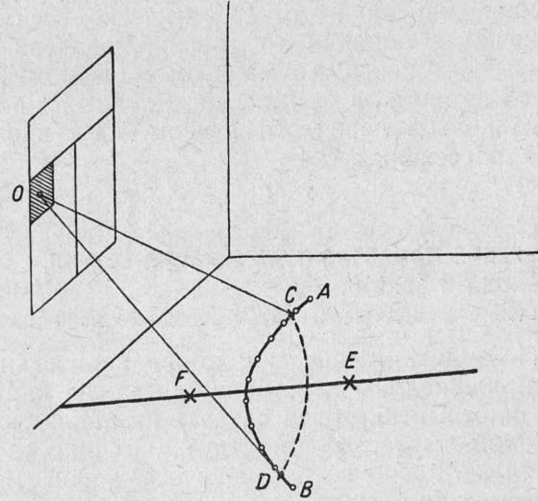


Рис. 14. Определение направления меридиана в классной комнате

склонениях Солнца (с 21 марта по 23 сентября) кривые представляют собой гиперболы, обращенные выпуклостью от основания гномона, при отрицательных склонениях (с 23 сентября по 21 марта) — выпуклостью к основанию гномона.

5. Несложно провести достаточно точное (до 0°,5) направление полуденной линии, пользуясь отвесом и выверенными по радиосигналам часами. Для этого надо заранее вычислить момент истинного полудня по декретному времени, как указано в работе № 3, и с его наступлением отметить направление тени от нити отвеса.

6. Рассеянный свет для слабого освещения поля зрения трубы теодолита можно создать лампочкой от карманного фонаря, помещенной перед объективом трубы несколько ниже или сбоку от ее оптической оси. Чтобы свет лампочки не попадал в глаза наблюдателя, ее следует прикрыть маленьким бумажным абажуром. Небольшой язычок из плотной бумаги, укрепленный с помощью бумажного кольца перед объективом, дает вполне достаточный рассеянный свет.

Работа 5.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ КУЛЬМИНАЦИИ СВЕТИЛ, ИХ ВОСХОДА И ЗАХОДА

(Упражнение с подвижной картой звездного неба в классе)

1. Для выполнения работы надо предварительно смонтировать приложенную к учебнику звездную карту (наклеить на плотный картон и сделать на накладном круге внутренний вырез, соответствующий широте места наблюдения). Можно воспользоваться новой моделью подвижной звездной карты А. Д. Могилко (указания к ее использованию прилагаются к картам).

2. Пользуясь картой, определить моменты кульминации, восхода и захода наиболее ярких звезд, список которых подбирает учитель. Результаты занести в таблицу.

Дата	Названия звезд	Момент кульминации (верхней или нижней)	Восход	Заход

Примечания:

1. Чтобы точнее отметить момент кульминации, следует на накладном круге карты натянуть тонкую нить в направлении «Север—Юг».

2. Во время вечерних занятий желательно проверить наблюдением найденные результаты для некоторых звезд (например, в сентябре можно проверить кульминацию α Орла (Альтаир), заход α Волопаса (Арктур) и др.).

Работа 6.

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ДВИЖЕНИЕМ ПЛАНЕТ СРЕДИ ЗВЕЗД

1. Пользуясь Астрономическим календарем на данный год, подобрать удобную для наблюдения планету.

2. Выбрать одну из сезонных карт или карту экваториального пояса звездного неба, вычертить в крупном масштабе необходимый участок неба, нанеся наиболее яркие звезды, и отметить положение планеты относительно этих звезд с промежутком в 5—7 дней.

3. Наблюдения закончить, как только достаточно хорошо обнаружится изменение положения планеты относительно выбранных звезд.

Методические замечания

1. Видимое перемещение планет среди звезд изучается в начале учебного года. Однако работу по наблюдению планет можно проводить в зависимости от условий их видимости. Пользуясь сведениями из астрономического календаря, учитель выбирает наиболее благоприятный период, в течение которого следует наблюдать перемещение планет. Эти сведения желательно иметь в справочном материале астрономического уголка.

2. При наблюдениях Венеры уже через неделю бывает заметно ее перемещение среди звезд. К тому же если она проходит вблизи заметных звезд, то изменение ее положения обнаруживается и через меньший промежуток времени, так как ее суточное перемещение в некоторые периоды составляет более 1°.

Также легко заметить изменение положения Марса в течение нескольких дней. На рисунке 15 даны результаты наблюдения за перемещением Марса в 1963 г. Два наблюдения в течение двух недель наглядно показывают перемещение Марса прямым движением.

Особый интерес представляют наблюдения перемещения планет вблизи стояний, когда они меняют прямое движение на попятное. Здесь учащиеся наглядно убеждаются в петлеобразном движении планет, о котором они узнают (или узнали) на уроках. Периоды для таких наблюдений легко подобрать, пользуясь Школьным астрономическим календарем[1].

3. Для более точного нанесения положения планет на звездную карту можно рекомендовать способ, предложенный М. М. Дагаевым. Он состоит в том, что в соот-

[1] См. Школьный астрономический календарь на 1962 г.

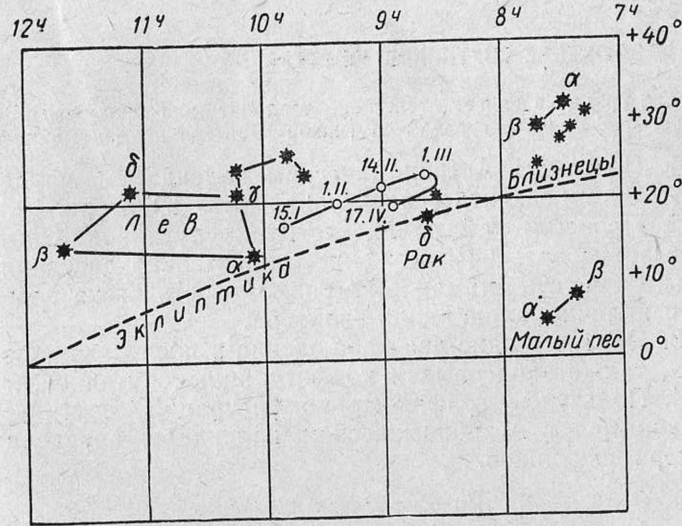


Рис. 15. Видимый путь Марса в январе — апреле 1963 г.

ветствии с координатной сеткой звездной карты, куда наносится положение планет, изготовляется на легкой рамке подобная же сетка из ниток. Держа эту сетку перед глазами на определенном расстоянии (удобно на расстоянии 40 *см*), наблюдают положение планет.

Если квадраты координатной сетки на карте будут иметь сторону 5°, то нитки на прямоугольной рамке должны образовывать квадраты со стороной 3,5 *см*, чтобы при проектировании их на звездное небо (при расстоянии 40 *см* от глаза) они также соответствовали 5°.

Работа 7.

НАБЛЮДЕНИЕ СПУТНИКОВ ЮПИТЕРА

Оборудование: телескоп, теодолит или призменный бинокль; график конфигураций спутников Юпитера на данный месяц.

1. Пользуясь Астрономическим календарем на данный год, определить условия видимости Юпитера.

2. Провести наблюдение четырех спутников Юпитера и зарисовать их положение относительно диска планеты. Обратить внимание на сплюснутость диска планеты и наличие полос вдоль экватора.

3. Провести одно-два наблюдения в последующие вечера, также зарисовывая конфигурацию спутников.

4. Пользуясь графиком конфигураций спутников, имеющимся в Астрономическом календаре, определить номера спутников.

Пример оформления наблюдений

Дата и час наблюдений	Конфигурация и номера спутников		
	запад		восток
6/IX 1961 г. 20 *ч*	IV III II	≈	I
7/IX 1961 г. 20 *ч*	IV III II I	≈	
18/IX 1961 г. 20 *ч*	I	≈	IV III

Методические замечания

1. Пользуясь графиком конфигураций, следует помнить, что горизонтальные линии отмечают начало календарных суток для указанных около этих линий дат по мировому времени. Поэтому и момент наблюдения спутников следует выразить в системе мирового времени

$$T_0 = T_д - n - 1,$$

где $T_д$ — момент наблюдения по декретному времени, n — номер часового пояса, T_0 — мировое время. Например: 6 сентября 1961 г. в 20 часов спутники занимали положение, указанное в таблице на странице 44. Наблюдатель находился во втором часовом поясе. Значит, момент наблюдения по мировому времени будет $T_0 = 20^ч - 2^ч - 1^ч = 17^ч$. Чтобы определить номера спутников, на графике проводят горизонтальную линию, соответствующую 17 *ч* 6 сентября. Ее пересечение с кривыми графика дает положение спутников относительно планеты (рис. 16).

2. Конфигурации спутников на графике даны для наблюдений в телескоп с астрономическим окуляром. При наблюдениях в бинокль запад и восток меняются местами.

3. Отсутствие некоторых спутников (например, в 20 *ч* 18 сентября 1961 г.) означает или их затмение, или покрытие. Если выбрать из Астрономического календаря моменты затмений и покрытий, удобные для наблюдений, то можно заранее предупредить наблюдателей об этом явлении. Так как моменты затмений в календаре даны по мировому времени, то следует пересчитать их на декретное время данного часового пояса по формуле

$$T_д = T_0 + n + 1.$$

4. В том случае, когда Юпитер неблагоприятен для наблюдений, можно дать учащимся другую практиче-

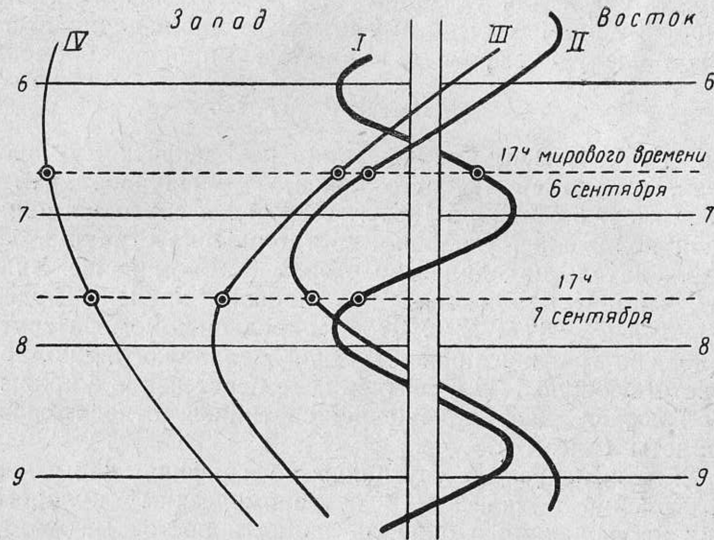


Рис. 16. Конфигурация спутников Юпитера с 6 по 9 сентября 1961 г.

скую работу, например, зарисовать вид колец Сатурна (в каком раскрытии они находятся) или пронаблюдать изменение фаз Венеры. При этом следует учитывать расположение колец Сатурна в ближайшие годы. Так, в октябре—декабре 1966 г. кольца не будут видны, в это время плоскость колец совпадает с лучом зрения. Наблюдая изменение фаз Венеры, интересно отметить заметное изменение ее углового диаметра.

Работа 8.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВЫХ И ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ СОЛНЦА (ИЛИ ЛУНЫ)

I. С помощью теодолита

1. Установив прибор и вставив светофильтр в окуляр трубы, совместить нуль алидады с нулем горизонтального лимба. Закрепить алидаду и при открепленном лимбе навести трубу на Солнце так, чтобы вертикальная нить касалась правого края диска Солнца (это достигается с помощью микрометрического винта лимба). Затем быстрым вращением микрометрического винта алидады перевести вертикальную нить на левый край изображения Солнца. Снять показания с горизонтального лимба; это и есть угловой диаметр Солнца.

2. Вычислить радиус Солнца по формуле

$$R = D\sin\rho,$$

где ρ — угловой радиус Солнца. Расстояние до Солнца D берется из таблиц[1].

3. Для вычисления линейных размеров Солнца можно воспользоваться и другой формулой. Известно, что радиусы Солнца и Земли связаны с расстоянием до Солнца соотношением

$$R = D\sin\rho,$$

$$R_0 = D\sin p,$$

где ρ — угловой радиус Солнца, а p — его параллакс.

[1] При наблюдениях вблизи полудня можно определять вертикальный диаметр Солнца по разности отсчетов вертикального лимба.

Поделив почленно эти равенства, получим

$$\frac{R}{R_0} = \frac{\sin \rho}{\sin p}.$$

Ввиду малости углов, отношение синусов можно заменить отношением аргументов. Тогда

$$R = R_0 \frac{\rho}{p}.$$

Значения параллакса p и радиуса Земли R_0 берутся из таблиц.

Пример вычисления.

$R_0 = 6378$ *км*
$\rho = 16'$
$p = 8'',8$

$$R = 6378 \text{ км} \cdot \frac{16 \cdot 60}{8,8} = 694\,000 \text{ км}.$$

Отношение $\frac{\rho}{p} = \frac{960}{8,8} = 109$, т. е. радиус Солнца в 109 раз больше радиуса Земли. Аналогично определяются размеры Луны.

II. По времени прохождения диска светила через вертикальную нить оптической трубы

Если смотреть на Солнце (или Луну) в неподвижный телескоп, то вследствие суточного вращения Земли светило будет постоянно уходить из поля зрения телескопа. Для определения углового диаметра Солнца с помощью секундомера измеряют время прохождения его диска через вертикальную нить окуляра и найденное время умножают на $\cos \delta$, где δ — склонение светила[1]. Затем время переводят в угловые единицы, помня, что за 1 *мин*

[1] Склонение берется из Астрономического календаря.

Земля поворачивается на 15′, а за 1 *сек* — на 15″. Линейный диаметр D определяется из соотношения

$$\frac{D}{2\pi R} = \frac{\alpha}{360},$$

где R — расстояние до светила, α — его угловой диаметр, выраженный в градусах. Если использовать угловой диаметр, выраженный в единицах времени (например, в секундах), то

$$D = \frac{2\pi Rt \cos \delta}{86400},$$

где t — время прохождения диска через вертикальную нить, выраженное в секундах.

Пример вычисления

Дата наблюдения — 28 октября 1959 г.
Время прохождения диска через нить окуляра $t = 131$ *сек*.
Склонение Солнца на 28 октября $\delta = -13°$.
Угловой диаметр Солнца $\alpha = 131 \cdot \cos 13° = 131 \cdot 0,9744 = 128$ *сек*, или в угловых единицах $\alpha = 32' = 0°,533$.
Линейный диаметр Солнца

$$D = \frac{2\pi R\alpha}{360°} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \cdot 0°,533}{360°} = 1\,390\,000 \text{ км}.$$

Методические замечания

1. Из двух предложенных способов второй более доступен, так как первый способ требует наличия теодолита и определенных навыков в отсчете показаний лимба. Следует учитывать, что угловой диаметр Солнца в течение года изменяется от 32′35″, когда оно находится в перигее (4 января), до 31′31″ в апогее (4 июля). Разница в величине видимого диаметра около 1′ по времени будет соответствовать 4 *сек*, что при тщательных измерениях возможно отметить. В значительно больших преде-

лах изменяется видимый диаметр Луны — от 33′,4 в перигее до 29′,4 в апогее. Разница во времени прохождения диска через вертикальную нить составляет около 16 *сек*.

2. Вторым способом можно определить размеры некоторых лунных кратеров. При этом следует учитывать склонение Луны (оно дается на каждый день в Астрономическом календаре).

Работа 9.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ МЕСТА

I. По высоте Солнца в полдень

1. За несколько минут до наступления полудня установить теодолит в плоскости меридиана (например, по азимуту земного предмета, как указано в работе № 4). Время наступления полудня вычислить заранее способом, указанным в работе № 3.

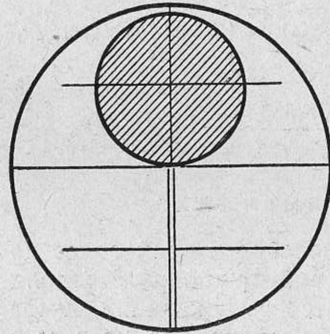


Рис. 17. Положение солнечного диска относительно окулярных нитей теодолита при измерении полуденной высоты Солнца

2. С наступлением момента полудня или вблизи него измерить высоту нижнего края диска (фактически верхнего, так как труба дает обратное изображение). Положение диска относительно перекрестия показано на рисунке 17.

3. Вычислить широту места, пользуясь зависимостью

$$h = (90° - \varphi) + \delta.$$

Пример вычисления

Дата наблюдения — 11 октября 1961 г.
Высота нижнего края диска по I нониусу 27°58′.
Радиус Солнца — 16′.
Высота центра Солнца — 27°42′.
Склонение Солнца — 6°57′.
Широта места

$$\varphi = 90° - h + \delta = 90° - 27°42′ - 6°57′ = 55°21′.$$

II. По высоте Полярной звезды

1. Пользуясь теодолитом, эклиметром или школьным угломером, измерить высоту Полярной звезды над горизонтом. Полученное значение будет приближенным значением широты с ошибкой не больше 1°.

2. Для более точного определения широты с помощью теодолита надо в полученное значение высоты Полярной звезды ввести алгебраическую сумму поправок, учитывающую отклонение звезды от полюса мира. Поправки обозначаются цифрами I, II, III и даются в Астрономическом календаре (ежегоднике) в разделе «К наблюдениям Полярной звезды».

Широта с учетом поправок вычисляется по формуле

$$\varphi = h - (I + II + III).$$

Если учесть, что величина I изменяется в пределах от −56′ до +56′, а сумма II+III не превышает 2′, то в измеренную величину высоты можно вводить только поправку I. При этом значение широты получится с ошибкой, не превышающей 2′, что для школьных измерений вполне достаточно (пример введения поправки см. на стр. 53).

Методические замечания

1. При отсутствии теодолита широту по высоте Солнца в полдень можно приближенно определить любым из способов, указанных в работе № 3, или (при недостатке времени) воспользоваться одним из результатов этой работы.

2. Точнее, чем по Солнцу, можно определить широту по высоте звезды в кульминации с учетом рефракции. В этом случае географическая широта определится из формулы

$$h = (90^\circ - \varphi) + \delta + R,$$

где R — астрономическая рефракция[1].

3. Для нахождения поправок к высоте Полярной звезды необходимо знать местное звездное время S в момент наблюдения. Для его определения надо по выверенным по радиосигналам часам отметить сначала декретное время $T_д$, затем местное среднее время T по формуле

$$T = T_д - (n - \lambda) - 1,$$

где n — номер часового пояса, λ — долгота места, выраженная в часовой мере.

Местное звездное время[2] определяется по формуле

$$S = S_0 + T,$$

где S_0 — звездное время в среднюю гринвичскую полночь (оно дается в Астрономическом календаре в разделе «Эфемериды Солнца»).

---

[1] Среднее значение рефракции вычисляется по формуле $R_0 = 58'',2 \operatorname{tg} z$, если зенитное расстояние z не превышает 70°.

[2] Здесь не учтена поправка $9'',86\ (T - \lambda)$, которая никогда не бывает больше 4 *мин*.

Пример

Пусть требуется определить широту места в пункте с долготой $\lambda = 3^ч 55^м$ (IV пояс). Высота Полярной звезды, измеренная в $21^ч 15^м$ по декретному времени 12 октября 1964 г., оказалась равной 51°26'. Определим местное среднее время в момент наблюдения.

$$T = 21^ч\ 15^м - (4^ч - 3^ч 55^м) - 1^ч = 20^ч\ 10^м.$$

Из эфелирид Солнца находим S_0:

$$S_0 = 1^ч\ 22^м\ 23^с.$$

Местное звездное время, соответствующее моменту наблюдения Полярной звезды, равно:

$$S = 1^ч\ 22^м\ 23^с + 20^ч\ 10^м \approx 21^ч\ 32^м.$$

Из астрономического календаря величина I равна

$$I = +22',4.$$

Следовательно, широта

$$\varphi = 51^\circ\ 26' - 22',4 \approx 51^\circ\ 04'.$$

Работа 10.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПО СОЛНЦУ

(Проверка часов в истинный полдень с помощью теодолита[1])

Оборудование: теодолит, часы, Астрономический календарь.

1. За несколько минут до полудня установить теодолит по меридиану, как описано в работе № 4 (главное в этой работе — установка теодолита по меридиану!).

---

[1] Описание приведенных здесь работ с теодолитом дано И. Ф. Боярченко в сборнике «Преподавание астрономии в школе», изд. АПН РСФСР, 1959.

2. Навинтить на окуляр светофильтр, закрепить горизонтальный лимб и алидаду горизонтального лимба, установить трубу примерно по высоте Солнца и следить, пока оно не появится в поле зрения трубы. Отметить по проверяемым часам момент T прохождения центра солнечного диска через вертикальную нить окуляра. Способ определения этого момента указан в методических замечаниях (стр. 55).

3. Вычислить точное декретное время момента истинного полудня на данный день по формуле

$$T_0 = 12 + \eta + (n - \lambda) + 1.$$

4. Сравнить найденные значения T и T_0 и определить поправку часов: $\Delta T = T_0 - T$.

Работа 11.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ДОЛГОТЫ МЕСТА

Оборудование: теодолит, выверенные часы, таблица уравнения времени.

1. С помощью теодолита определить момент кульминации Солнца. Это будет момент $T_д$, выраженный по декретному времени данного часового пояса.

2. Вычислить местное солнечное время T_0 в данный момент на нулевом меридиане. Если номер[1] данного пояса n, то

$$T_0 = T_д - (n+1).$$

[1] Номер часового пояса определяется по карте часовых поясов, имеющейся в учебнике.

3. Определить местное среднее время T_x в момент кульминации Солнца. Оно равно $12+\eta$, где η — уравнение времени на данный день.

4. Вычислить долготу места как разность местных времен $T_x - T_0$.

Методические замечания к работам № 10 и 11

1. Момент прохождения центра диска Солнца через вертикальную нить окуляра определяется следующим образом.

Поставив горизонтальную нить под диск Солнца, наблюдатель подает сигнал: «подготовить время». Учащийся с часами начинает следить за секундной стрелкой. В момент, когда Солнце коснется вертикальной нити своим левым краем, наблюдатель подает сигнал «время». Наблюдающий за часами отмечает сначала секунды, затем минуты и часы.

Когда Солнце сходит с вертикальной нити своим правым краем, отмечают второй отсчет времени. Полусумма этих отсчетов и дает искомый момент T.

2. Пример вычисления долготы места

Дата наблюдения — 4 апреля 1960 г.
Часовой пояс — III, уравнение времени $\eta = +3^м\,08^с$.
а) Момент касания нити левым краем диска — $13^ч\,7^м\,15^с$.
Момент касания нити правым краем диска — $13^ч\,9^м\,25^с$.
Момент прохождения центра диска Солнца через вертикальную нить — $13^ч\,8^м\,20^с$[1].

[1] Если известен суточный ход часов, то к найденному результату надо прибавить соответствующую поправку.

б) Местное время нулевого меридиана

$$T_0 = 13^ч\,8^м\,20^с - 4^ч \approx 9^ч\,8^м\,20^с.$$

в) Свое местное время

$$T_x = 12^ч + 3^м\,08^с = 12^ч\,3^м\,08^с.$$

г) Долгота места

$$\lambda = 12^ч\,3^м\,08^с - 9^ч\,54^м\,48^с = 43^0\,42'.$$

3. Работы № 9, 10 и 11, связанные с наблюдением Солнца в истинный полдень, при недостатке времени их можно выполнить в одно занятие.

4. Если в школе нет теодолита, то эти работы можно провести, используя приближенные методы. Для определения высоты Солнца в полдень можно использовать квадрант-высотомер, установленный по меридиану; определение момента полудня — с помощью гномона или по прохождению тени от отвеса через точно проведенное направление меридиана. Как показали многократные наблюдения, в последнем случае точность определения момента полудня составляет 1—2 *мин.*

Работа 12.

НАБЛЮДЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛУНЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗВЕЗД И ИЗМЕНЕНИЯ ЕЕ ФАЗ

1. Пользуясь астрономическим календарем, определить ближайший период изменения лунных фаз (достаточно от новолуния до полнолуния).

2. В течение этого периода несколько раз пронаблюдать, как изменяются лунные фазы и положение Луны на небосводе относительно ярких звезд и относительно сторон горизонта.

Результаты наблюдений занести в таблицу[1].

Дата и час наблюдения	Фаза Луны и возраст (в днях)	Положение Луны на небосводе (указать положение относительно сторон горизонта в 18—20 *ч*)

3. При наличии карт экваториального пояса звездного неба нанести на карту положение Луны за этот промежуток времени, пользуясь координатами Луны, приведенными в Астрономическом календаре.

4. Сделать вывод из наблюдений:

а) в каком направлении относительно звезд перемещается Луна с востока на запад? с запада на восток;

б) в какую сторону обращен выпуклостью серп молодой Луны, к востоку или западу.

Методические замечания

1. Главное в этой работе — качественно отметить характер движения Луны и изменение ее фаз. Поэтому достаточно провести 3—4 наблюдения с интервалом в 2—3 дня.

2. Учитывая неудобства в проведении наблюдений после полнолуния (из-за позднего восхода Луны), в работе предусматривается проведение наблюдений только половины лунного цикла от новолуния до полнолуния.

3. При зарисовке лунных фаз надо обращать внимание на то, что суточное изменение положения термина-

[1] Так как в новолуние Луна не видна, то момент этой фазы следует взять из Календаря и записать в начале таблицы.

тора в первые дни после новолуния и перед полнолунием значительно меньше, чем вблизи первой четверти. Это объясняется явлением перспективы к краям диска.

Работа 13.

НАБЛЮДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ В ТЕЛЕСКОП

Оборудование: телескоп, карта Луны, карманный фонарик.

1. По карте Луны ознакомиться с некоторыми хорошо наблюдаемыми лунными образованиями.

2. Сравнить результаты наблюдения с имеющейся картой.

В зависимости от фазы Луны, рекомендуется найти следующие объекты:

а) Море Кризисов, Море Спокойствия, Море Ясности, Море Дождей, Море облаков.

б) Группу цирков: Теофил, Кирилл и Катарина, сходную с ней по конфигурации — Арзахель, Альфонс и Птолемей; группу трех цирков в Море Дождей: Архимед, Автолик и Аристилл; цирк Платон; цирки с лучевыми системами: Тихо, Коперник, Кеплер, Аристарх; некоторые цирки у края лунного диска.

в) Горные цепи: Альпы, Кавказ, Аппенины, Карпаты.

3. Выписать отождествленные лунные образования, указав дату, час наблюдения и увеличение телескопа.

Методические замечания

1. Прежде чем давать задание по работе, полезно по карте Луны провести с учащимися краткую беседу о главнейших лунных образованиях, указав, какие объекты при данной фазе Луны можно увидеть.

2. Наиболее благоприятные условия для наблюдения Луны — первые девять дней после новолуния. Так, на пятый день почти на границе света и тени хорошо видны как бы сросшиеся вместе цирки Теофил, Кирилл и Катарина. На седьмой день (первая четверть) почти у центрального меридиана несколько выше центра диска выделяется группа из трех кратеров — Птолемея, Альфонса и Арзахеля, слегка напоминающая предыдущую группу. На восьмой день недалеко от южного полюса появляется кратер Тихо, интересный своими светлыми лучами. В нижней части диска, в Море Дождей, видны три кратера: Архимед, Автолик и Аристилл — место прилунения советской космической ракеты с вымпелом СССР. Под ними у самого северного края Моря Дождей хорошо заметен цирк Платон. На девятый день появляется лучистый кратер Коперник, лежащий к югу от Моря Дождей.

Интересно наблюдать и такую картину, когда восходящее Солнце на Луне начинает постепенно освещать вершины лунных гор и цирков. Ясно различимы светлые точки, которые появляются в тени. Затем они увеличиваются и сливаются с остальной поверхностью Луны. С наступлением полнолуния хорошо заметны лучистые системы некоторых кратеров, особенно Тихо, Коперник, Кеплер. Другие детали лунной поверхности ввиду отсутствия теней видны плохо.

3. Значительный интерес представляет фотографирование Луны с помощью школьных телескопов. Для фотографирования наиболее удобны зеркальные фотоаппараты типа «Зенит». Чтобы приспособить такой аппарат к школьному телескопу-рефрактору, можно воспользоваться стандартными репродукционными кольцами, имеющимися в продаже. Объектив фотоаппарата вывин-

чивается и устанавливается между двумя группами свинченных вместе колец по 3—4 кольца с каждой стороны. Затем эта трубка одним концом укрепляется на окулярном конце телескопа, а к другому ее концу привинчивается фотоаппарат. Поскольку в передней части объектива фотоаппарата нет резьбы, то кольца к нему приходится присоединять с помощью особого хомута (двух пластинок с винтами).

Экспозиция при фотографировании подбирается опытным путем. Например, для пленки 130 ед. ГОСТ при фазе Луны более 0,5 экспозиция составляет $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{3}$ *сек*.

Фотографирование лучше проводить с желтым светофильтром. Следует помнить, что снимки будут тем более четкими, чем меньше выдержка при фотографировании.

Интересно отметить, что в качестве окуляра телескопа при визуальных наблюдениях вполне можно использовать объектив фотоаппарата, для этого надо оставить только по одному кольцу с каждой стороны от объектива. Качество изображения при этом довольно высокое.

РАБОТА 14.

НАБЛЮДЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН И ВРАЩЕНИЯ СОЛНЦА ВОКРУГ СВОЕЙ ОСИ

Оборудование: телескоп или теодолит, экран для проектирования Солнца, часы, ортографические сетки для наблюдения Солнца[1], Астрономический календарь на данный год.

[1] Ортографические сетки прилагаются, например, к «Справочнику любителя астрономии» П. Г. Куликовского.

1. Спроектировать изображение Солнца на экран — белый круг диаметром 10 *см*.

2. Для удержания изображения в границах нарисованной окружности надо все время перемещать телескоп в экваториальной плоскости. Если телескоп имеет экваториальную головку, то его надо предварительно установить так, чтобы он мог перемещаться вокруг одной полярной оси.

3. Остро отточенным карандашом нанести положение пятен.

4. Проследить направление движения какого-либо пятна при неподвижном теодолите, отмечая последовательно его положение на круге точками. Затем провести через эти точки прямую и получить направление суточной параллели. Важно при этом, чтобы экран не смещался относительно оптической оси телескопа.

5. Если телескоп имеет светофильтр для прямого рассматривания Солнца, то следует провести прямые наблюдения пятен и более точно зарисовать их структуру и взаимное положение (пример такой зарисовки дан на рисунке 18).

6. На рисунок нанести ось вращения и экватор Солнца. Для этого:

а) провести перпендикуляр через центр круга к направлению суточной параллели (получим круг склонений);

б) разметить расположение сторон света, пользуясь рисунком 19;

в) выписать из Астрономического календаря — ежегодника ВАГО («Физические координаты Солнца») значение позиционного угла P проекции солнечной оси и гелиографической широты центра диска B_0;

г) нанести положение солнечной оси, пользуясь зна-

чением позиционного угла (при положительных значениях указанный угол между линией круга склонений и осью откладывается от северного конца круга склонений к востоку, при отрицательных значениях — к западу);

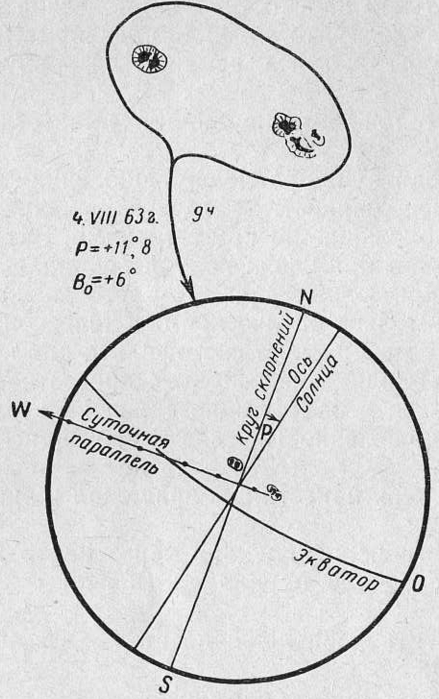


Рис. 18. Пример зарисовки солнечных пятен.
Вверху показана структура и взаимное расположение пятен при прямом наблюдении в окуляр телескопа

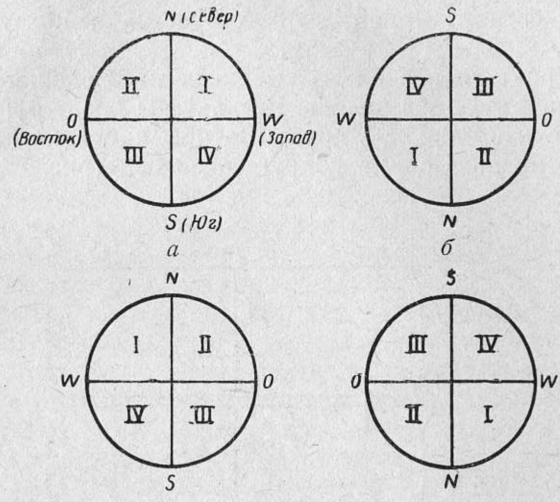


Рис. 19. Расположение стран света при наблюдении Солнца:
а—без трубы, в бинокль или в трубу при земном окуляре; *б*—в телескоп с астрономическим окуляром, дающим обратное изображение; *в*—на экране при астрономическом окуляре; *г*—на экране при земном окуляре

д) выбрать в соответствии с B_0 надлежащую сетку, совместить ее центральный меридиан с проведенной осью Солнца и с сетки на чертеж перенести положение солнечного экватора. Пользуясь сеткой, определить, на какой широте находятся пятна.

Примечание. Так как каждая сетка предназначена для двух значений B_0, отличающихся только знаками, то важно не перепутать при наложении сеток их ориентировку. Вверху должна быть та над-

пись на сетке, которая соответствует найденному значению B_0.

7. Провести несколько смежных наблюдений (5—6) в течение двух-трех недель. Результаты после обработки расположить один под другим, чтобы наглядно представить вращение Солнца вокруг своей оси (рис. 20).

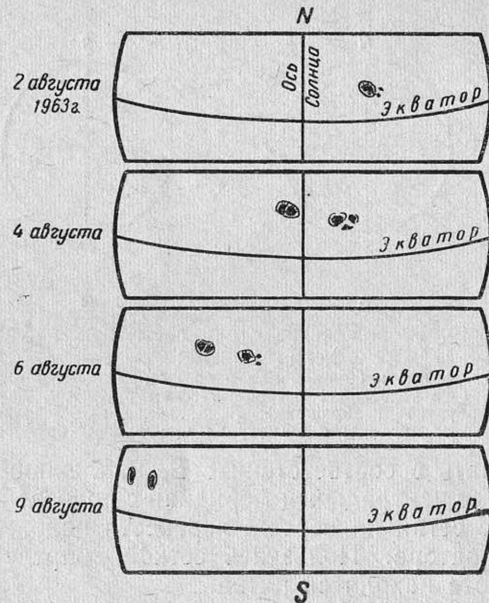


Рис. 20. Изменение положения пятен вследствие вращения Солнца (наблюдения на экране)

Методические замечания

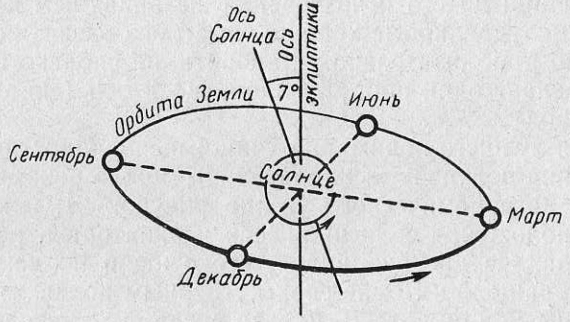
1. Обработка результатов наблюдений с помощью ортографических сеток позволяет довольно точно определять направление перемещения и положение пятен относительно экватора. При последующих наблюдениях ортографическая сетка дает возможность контролировать правильность нанесения пятен и предвидеть их положение в последующие дни. С помощью сеток можно определять координаты пятен.

2. Особый интерес представляют наблюдения, проведенные от момента появления пятна у восточного края диска Солнца до его исчезновения за западным краем. В данном случае, кроме хорошо заметного развития пятна, можно приблизительно установить, за сколько суток Солнце делает один оборот вокруг своей оси (синодический период).

3. Для лучшего понимания учащимися сущности ориентирования полученных наблюдений можно рекомендовать для астрономического уголка рисунок 21, показывающий положение солнечной оси и экватора в разное время года. Из рисунка видно, что с июня по декабрь Солнце обращено к Земле своим северным полюсом (гелиографическая широта B_0 центра диска положительна), с декабря по июнь — южным полюсом (B_0 — отрицательна). Пользуясь таблицей физических координат Солнца, можно установить, что дважды в году позиционный угол P равен нулю (в первых числах января и июля). В это время перпендикуляр, проведенный через центр диска к направлению суточной параллели, совпадает с осью Солнца. Также дважды в году обращается в нуль и B_0 (около 7 декабря и около 6 июня). В эти периоды траектории солнечных пятен на солнечном ди-

ске, вследствие вращения Солнца, представляют прямые линии. Для обработки наблюдений в это время используется ортографическая сетка, у которой экватор и параллели представляют прямые линии. Остальные семь сеток предназначены для наблюдений, когда B_0 принимает значения $\pm 1° - \pm 7°$.

4. Причиной нечеткой видимости деталей поверхности Солнца на экране является, главным образом, освещение экрана рассеянным дневным светом. Если наблюдение на экране проводить в совершенно темном помещении, когда наружу выставляется только объективный конец телескопа, картина получается четкой. Ядра пятен имеют темно-малиновую, а полутени фиолетовую окраску. Видны мелкие детали строения пятен, хорошо заметна грануляция. Даже если не удается получить полного затемнения, то изображение Солнца на экране дает весьма интересную цветную картину[1].



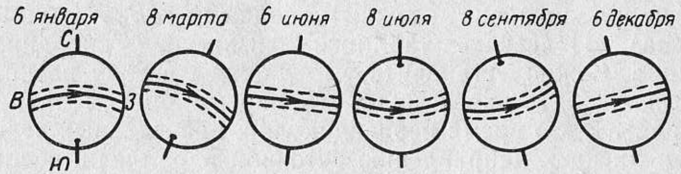


Рис. 21. Положение оси вращения Солнца и солнечного экватора в разное время года

[1] Подробное описание способа наблюдения Солнца в затемненном помещении дано в книге В. В. Шаронова «Солнце и его наблюдение», Гостехиздат, 1953.

ЛИТЕРАТУРА

Астрономический календарь ВАГО (ежегодник), изд. АН СССР (с 1964 г. «Наука»).

Барабашов Н. П., Инструкция для наблюдения Марса, изд. АН СССР, 1957.

Бронштэн В. А., Планеты и их наблюдения, Гостехиздат, 1957.

Дагаев М. М., Лабораторный практикум по общей астрономии, «Высшая школа», 1963.

Куликовский П. Г., Справочник любителя астрономии, Физматгиз, 1961.

Мартынов Д. Я., Курс практической астрофизики, Физматгиз, 1960.

Могилко А. Д., Учебный звездный атлас, Учпедгиз, 1958.

Набоков М. Е., Астрономические наблюдения с биноклем, изд. 3, Учпедгиз, 1948.

Навашин М. С., Телескоп астронома-любителя, Физматгиз, 1962.

Новиков И. Д., Шишаков В. А., Самодельные астрономические приборы и инструменты, Учпедгиз, 1956.

«Новые школьные приборы по физике и астрономии». Сборник статей, под ред. А. А. Покровского, изд. АПН РСФСР, 1959.

Попов П. И., Общедоступная практическая астрономия, изд. 4, Физматгиз, 1958.

Попов П. И., Баев К. Л., Воронцов-Вельяминов Б. А., Куницкий Р. В., Астрономия. Учебник для педвузов, изд. 4, Учпедгиз, 1958.

«Преподавание астрономии в школе». Сборник статей, под ред. Б. А. Воронцова-Вельяминова, изд. АПН РСФСР, 1959.

Сытинская Н. Н., Луна и ее наблюдение, Гостехиздат, 1956.

Цесевич В. П., Что и как наблюдать на небе, изд. 2, Гостехиздат, 1955.

Шаронов В. В., Солнце и его наблюдение, изд. 2, Гостехиздат, 1953.

Школьный астрономический календарь (ежегодник), «Просвещение».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава I. Оборудование для астрономических наблюдений и практических работ 5

Телескопы и теодолиты . . . . . . —

Школьный угломер 13

Некоторые приборы астрономической площадки 15

Глава II. Наблюдения и практические работы . 24

Работа 1. Наблюдение видимого суточного вращения звездного неба . . . 28

Работа 2. Наблюдение годичного изменения вида звездного неба 29

Работа 3. Наблюдение изменения полуденной высоты Солнца 32

Работа 4. Определение направления небесного меридиана 35

Работа 5. Определение моментов кульминации светил, их восхода и захода . . 40

Работа 6. Наблюдение за движением планет среди звезд 41

Работа 7. Наблюдение спутников Юпитера 44

Работа 8. Определение угловых и линейных размеров Солнца (или Луны) . . 47

Работа 9. Определение географической широты места 50

Работа 10. Определение времени по Солнцу 53

Работа 11. Определение географической долготы места 54

Работа 12. Наблюдение перемещения Луны относительно звезд и изменения ее фаз 56

Работа 13. Наблюдение поверхности Луны в телескоп 58

Работа 14. Наблюдение солнечных пятен и вращения Солнца вокруг своей оси . . 60

Литература 68

ГРИГОРИЙ СЕМЕНОВИЧ ЯХНО

**НАБЛЮДЕНИЯ
И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
ПО АСТРОНОМИИ
В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

Редактор
Л. С. МАСЛОВ

Обложка художника
Б. И. РЯБЫШЕВА

Художественный редактор
Б. Л. НИКОЛАЕВ

Технический редактор
Е. В. ИВАНОВА

Корректор
Р. Б. БЕРМАН

Сдано в набор 1/VI 1965 г. Подписано к печати 24/IX 1965 г.
$70 \times 108^{1}/_{32}$. Печ. л. 2,25 (3,15). Уч.-изд. л. 2,47. Тираж 18 000 экз.
(Тем. пл. 1965 г. № 256) А-10517.

Издательство «Просвещение» Государственного комитета Совета
Министров РСФСР по печати.
Москва, И-18, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Типография изд-ва «Горьковская правда», г. Горький, ул. Фигнер, 32.

Заказ 5597. Цена 7 коп.